

# Revista Brasileira de Geografia Física



Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

## Análise da Variação Espaço-Temporal das Áreas Verdes e da Qualidade Ambiental em Áreas Urbanas, Recife-PE

Tiago Henrique de Oliveira<sup>1</sup>; José Gleidson Dantas<sup>2</sup>; Josiclêda Domiciano Galvíncio<sup>3</sup>; Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel<sup>4</sup>; Milton Botler<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente-UFPE. Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife/PE. CEP: 50670-901; <sup>2</sup> Mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologia da Geoinformação (PPGCGTG-UFPE) e Diretor Técnico da TecGEO. E-mail: jgleidson@gmail.com; <sup>3</sup> Prof. Dr. Departamento de Ciências Geográficas - DCG – UFPE e Bolsista Produtividade do CNPq. Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Bairro Cidade Universitária, Recife/PE. CEP: 50670-901. E-mail: josicleda@hotmail.com; <sup>4</sup> Prof. Dr. Departamento de Biologia/Botânica-UFRPE e Bolsista Produtividade do CNPq. Rua Dom Manoel de Medeiros, Dois Irmãos, Recife/PE. CEP: 52171-900. E-mail: pimentel@db.ufrpe.br; <sup>5</sup> Mestre em Arquitetura e Urbanismo. E-mail: mbotler@hotlink.com.br

Artigo recebido em 19/06/2014 e aceito em 20/10/2014.

### RESUMO

As rápidas mudanças do uso e cobertura do solo em ambiente urbano apresentam grande impacto nas relações entre os ciclos energéticos e hidrológicos sobre a superfície. O município do Recife, através da Lei de Uso e Ocupação do Solo de 1996 (Lei nº 16.176/96) define área verde como "toda área de domínio público ou privado, em solo natural, onde predomina qualquer forma de vegetação, distribuída em seus diferentes estratos: Arbóreo, Arbustivo e Herbáceo /Forrageira, nativa ou exótica". O objetivo deste artigo é analisar a variação espacial das áreas verdes disponíveis no município do Recife e a evolução espaço-temporal da qualidade ambiental na RPA 4 através do computo do Índice de umidade (NDWI), Índice de Área Foliar (IAF) e Temperatura da superfície em imagens TM Landsat. Foi realizada uma classificação supervisionada na ortofotocarta Recife onde as áreas verdes foram exportadas para polígonos, permitindo a sua quantificação. Para as imagens TM foi aplicada parte da metodologia SEBAL. As áreas verdes ocupam 45,58% do Recife. Os transectos lineares e perfis permitiram visualizar mais facilmente as mudanças espaço-temporais ocorridos na RPA-4. Foi visualizada grande diferença de temperatura entre as áreas vegetadas e as áreas mais urbanizadas.

Palavras-chave: Uso e ocupação do solo; área urbana, áreas vegetadas, sensoriamento remoto; MAXVER.

## Analysis of the Time-Space Variation of Green Areas and the Environmental Quality in Urban Areas, Recife-PE

#### ABSTRACT

The rapid change of use and land cover in urban environment poses great impact on relations between energy and hydrological cycles on the surface. The municipality of Recife, through the Land Use Legislation from 1996 (Law No. 16.176/96) defines green area as "any public or private domain area, in natural soil, where overcrows any form of vegetation, distributed in its different layers: Arboreal, shrubby and Herbaceous Forage, native or exotic". The goal of this paper is to analyze the spatial variation of available green areas in the city of Recife and the spatio-temporal evolution of environmental quality in the Political Administrative Region 4, known as RPA-4, through the calculation of moisture content (NDWI), leaf area index (LAI) and the surface temperature from Landsat TM images. Supervised classification was performed on orthophoto Reef where the green areas were exported to polygons, allowing its quantification. For the TM images, it has been applied the methodology SEBAL. The green areas occupy 45.58% of Recife. The linear transects and profiles allowed to show more easily space-time changes occurring in the RPA-4. Large temperature differences have been displayed between the most vegetated areas and more urbanized areas.

**Keywords**: Land use; urban areas; vegetated area, remote sensing; MAXVER.

#### Introdução

As rápidas mudanças espaço temporal do uso e cobertura do solo em ambiente urbano apresentam grandes impactos nas relações entre os ciclos energéticos e hidrológicos sobre a superfície. Em alguns

\* E-mail para correspondência: <a href="mailto:thdoliveira50@gmail.com">thdoliveira50@gmail.com</a> (Oliveira, T.H.).

casos a rápida substituição de áreas verdes para áreas impermeabilizadas acaba por influenciar o surgimento ou agravamento de diversos fenômenos, como o aumento no número de enchentes ou alagamentos, bem como na recorrência de ilhas de calor urbana em diversas cidades brasileiras (Moruzzi et al., 2007; Ideião et al., 2008; Andrade et al., 2009; Shams et al., 2009) e

do mundo (Weng et al., 2004; Chen et al., 2006; Weng e Quattrochi, 2006; Garzuzi et al., 2010).

Fatores como quantidade de luminosidade, umidade relativa do ar e temperatura do ar e da superfície apresentam-se como características essenciais a manutenção de diversos organismos. Deste modo, Campos et al. (2009) afirmam que o ritmo de aquecimento, resfriamento, a quantidade da luminosidade e a disponibilidade de vapor d'água vem a controlar as atividades sazonais e diárias das plantas e animais, estabelecendo, de certo modo, limites para a sua ocorrência e distribuição.

A alta concentração populacional vivenciada pelos municípios litorâneos, ao longo dos últimos séculos, e notadamente nas últimas seis décadas, levou uma acelerada expansão de suas cidades e núcleos urbanos, contribuindo em parte com a supressão de quase 93% da vegetação original de mata atlântica localizada no litoral brasileiro. O bioma Mata Atlântica, apesar de sua alta fragmentação, apresenta uma alta diversidade de ecossistemas e, segundo Santos et al. (2011), "a preservação da diversidade biológica vem a depender da recuperação, conservação e uso sustentável dos fragmentos".

Para Kindel (2001), o processo de fragmentação florestal ocorre quando um ecossistema vem a sofrer um processo de subdivisão, devido à ação antrópica ou mesmo perturbações naturais, o que vem a originar uma paisagem com a vegetação original fragmentada. Deste modo, Kiehl (1979) afirma que o nível de fragmentação pode vir a influenciar o estado funcional de sistemas florestais. Morero et al. (2007, p.19) afirmam que nas cidades brasileiras existe uma economia de espaços destinados a áreas verdes/lazer, apesar dos estudos realizados pela academia brasileira o que segundo o autor "vem a deteriorar a qualidade de vida dos habitantes".

Caporusso e Matias (2008, p. 73) afirmam que as áreas verdes não tem apresentado o mesmo crescimento quando comparado às áreas urbanizadas, e que na maioria dos casos são apresentadas apenas como expressão do desenho paisagístico e das características locais (Vieira, 2004).

Para Caporusso e Matias (2008) é perfeitamente justificável a criação e manutenção das áreas verdes, elevando a qualidade de vida da população e a qualidade estética da cidade, em virtude das funções ecológicas propiciadas pelas áreas verdes em ambiente urbano.

Estudos, como os realizados por Whitford et al. (2001), Nowak et al. (2002) e Pauleit et al. (2005), demonstram a necessidade de estudos de parâmetros ambientais importantes como a temperatura da superfície, o escoamento das águas pluviais e sequestro de carbono relativas ao uso do solo em ambiente urbano.

Segundo Pauleit et al. (2005), estes elementos são diretamente afetados pelas características da cobertura do solo como a densidade de construções e distribuição de áreas verdes no espaço urbano. As áreas verdes em ambiente urbano tem desempenhado um importante papel na infiltração das águas pluviais e na manutenção de condições climáticas favoráveis.

Deste modo, o sensoriamento remoto através das imagens de satélite tem ajudado no monitoramento

espaço-temporal dos recursos naturais em diversas partes do mundo de maneira sistemática e eficiente (Allen et al., 2007; Teixeira et al., 2009; Xian et al., 2009) além de apresentar grande auxílio na análise da mudanças de uso e cobertura do solo em áreas urbanas (Alberti et al., 2004; Jürgens, 2003; Yuan et al., 2005; Berthier et al., 2006).

Para estudos realizados em áreas urbanas, Nucci (2001) afirma através de seus estudos que a configuração espacial da cobertura vegetal e a sua devida quantificação podem ser utilizadas como instrumentos e parâmetros de avaliação da qualidade ambiental em áreas urbanas. Para Junior e Amorim (2009), o uso e a ocupação do solo urbano são talvez os principais definidores da qualidade ambiental urbana, sendo necessário, deste modo, haver uma regulamentação e direcionamento das formas de ocupações. Para tal o poder público conta com mecanismos como a utilização do plano diretor municipal, o zoneamento urbano e a lei de uso e ocupação do solo.

Caporusso e Matias (2008, p. 72) afirmam que "embora não haja uma definição consensual na literatura, o termo mais utilizado para designar a vegetação urbana é área verde". Deste modo a falta de consenso na terminologia vem a se refletir na tentativa de comparação entre diferentes índices obtidos por diferentes metodologias em diferentes cidades. Para o município do Recife a Lei de Uso e Ocupação do Solo de 1996 (Lei nº 16.176/96) define área verde como "toda área de domínio público ou privado, em solo natural, onde predomina qualquer forma de vegetação, distribuída em seus diferentes estratos: Arbóreo, Arbustivo e Herbáceo/Forrageira, nativa ou exótica".

Deste modo, o objetivo deste artigo é analisar a variação espacial das áreas verdes disponíveis no município do Recife no ano de 2007 e a evolução espaço-temporal da qualidade ambiental na RPA 4 através do computo do Índice de Umidade (NDWI), Índice de Área Foliar (IAF) e Temperatura da superfície em imagens TM Landsat.

### Material e Métodos

Área de estudo

O município do Recife (Figura 1), capital do Estado de Pernambuco, situa-se no litoral nordestino e ocupa uma posição central, a 800km de outras duas metrópoles regionais, Salvador e Fortaleza, disputando com elas o espaço estratégico de influência na região (Recife, 2012). Apresenta uma superfície territorial de 218 km² limitando-se ao norte com as cidades de Olinda e Paulista, ao sul com o município de Jaboatão dos Guararapes, a oeste com São Lourenço da Mata e Camaragibe, e a leste com o Oceano Atlântico.

Segundo os dados do recenseamento do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Censo 2010, a Cidade do Recife possui uma população de 1.537.704 habitantes, correspondendo a 17,48% da população do Estado, e a 41.63% da RMR, o que lhe propicia uma densidade demográfica de 6.989 habitantes.km<sup>-2</sup>. Segundo a classificação climática de Koppen, Recife apresenta clima As' (clima topical

quente e úmido com chuvas de inverno antecipadas no outono).

De acordo com a estação meteorológica de Recife (período de 1961 a 1990), Recife apresenta temperatura

média anual de 25,5°C, com média máxima mensal de 26,6°C em janeiro e fevereiro e média mínima de 23,9°C em agosto. Recife apresenta-se cortado por grandes rios, como o Capibaribe, o Beberibe e o Tejipió.

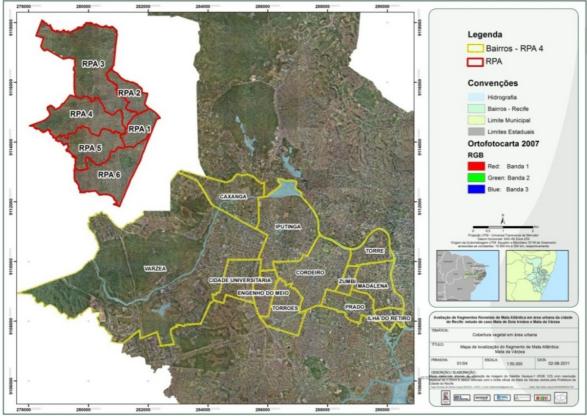


Figura 1. Localização do município de Recife - PE e da Região Político Administrativo 4.

## Dados utilizados

#### Ortofotocarta Recife-2007

No ano de 2007, o município do Recife, através de licitação, realizou a aquisição de cobertura aerofotogramétrica na escala 1:6.000, possibilitando a continuidade da análise espacial do município e a implantação do Sistema de Informações Geográficas municipal. Ao total, foram adquiridas 532 fotografias aéreas com resolução espacial de 10 cm, onde as mesmas foram georreferenciadas, ortorretificadas e mosaicadas.

Segundo o relatório técnico do levantamento para a tomada das fotografias, foi utilizada câmara aérea marca Zeiss modelo LMK 2000, equipada com cone grande angular de distância focal calibrada 152,345 mm (Silva e Neves, 2012). O filme aéreo colorido utilizado foi do tipo Kodak Aerocolor III Negative Film 2444, alto contraste, específico para médias e altas altitudes, de dimensões 9½ in. x 200 ft, com poder resolutivo superior a 125 linhas.mm<sup>-1</sup>.

#### Imagens TM Landsat 5

Foram utilizadas seis imagens do sensor Thematic Mapper (TM), de órbita e pontos 214/65-66, a bordo do satélite Landsat 5, obtidas junto à Divisão de Geração de Imagens (DGI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As datas de passagem do satélite na área de estudo ocorreram em 9 de maio de 1987, 28 de

setembro de 1989, 14 de junho de 1991, 26 de agosto de 2006, 28 de julho de 2007 e 6 de setembro de 2010.

O sensor TM foi lançado a bordo dos satélites Landsat 4 e Landsat 5, e possui separação espectral adequada ao seu principal propósito que é oferecer subsídios para mapeamentos temáticos na área de recursos naturais. Este sensor opera com 7 bandas espectrais que englobam as regiões do visível, infravermelho próximo, médio e termal. "Os dados do sensor TM foram utilizados em pesquisas e definições de metodologias em amplas áreas do conhecimento científico e tiveram importância singular para a evolução das técnicas desenvolvidas e utilizadas no sensoriamento remoto mundial" (EMBRAPA, 2009).

#### Classificação supervisionada (MAXVER)

Tendo em vista que a resolução espacial de 0,10m do pixel viria a aumentar o tempo da classificação, a ortofotocarta foi reamostrada para a resolução espacial de um metro. Foram coletadas várias amostras dos diversos alvos presentes no município, sendo inicialmente trabalhadas as classes de telhados, corpos hídricos, edificações (classe genérica da tonalidade cinza que abrange além das edificações, alguns galpões e asfalto), solo exposto, vegetação arbórea e vegetação de gramíneas – essas duas últimas compuseram a classe verde urbano.

O método de classificação escolhido foi o da máxima verossimilhança, devido à baixa resolução espectral do

mosaico de imagens aéreas disponível. Deste modo, optou-se por gerar, durante o processamento da classificação, imagens regra (*Rule Images*) para cada classe (Figura 2). As imagens regra apresentam a possibilidade de um pixel da imagem original pertencer

ou não a classe em questão. Com uma imagem regra, para cada classe supracitada, foi realizada uma nova coleta de amostras com base nos pixels obtidos e gerada uma nova classificação.

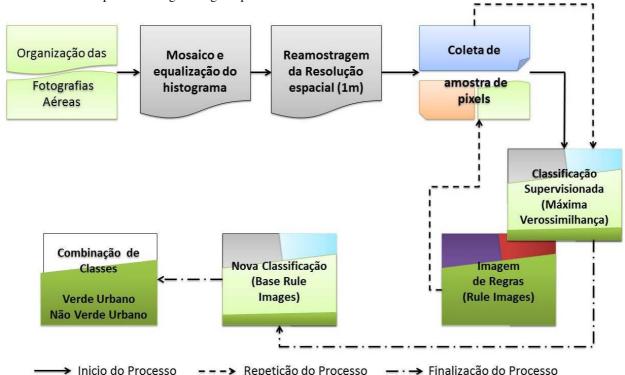


Figura 2. Etapas adotadas para a classificação das ortofotocartas.

Ao final do processamento foi realizada uma edição ainda no arquivo raster, com o intuito de revisar toda a classificação e corrigir algumas áreas que, devido à baixa resolução espectral da imagem base, apresentou mistura de classes. Ao final da classificação, a imagem foi transformada em vetor e as classes de vegetação de porte arbóreo e gramíneas foram agrupadas na classe de verde urbano, enquanto as demais classes foram agrupadas na classe de não verde urbano. O processo de classificação supervisionada foi realizado no ambiente do programa ENVI 4.5. A pós-classificação e *layout* foram realizados na plataforma ESRI com apoio do software ArcMap da família ArcGIS Desktop na versão 9.3 (licenças do Grupo de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento – SERGEO/UFPE).

## Processamento da imagem

Todas as cenas Landsat foram empilhadas e corrigidas geometricamente, tomando por base a imagem disponibilizada pelo site landsat.org, onde posteriormente foi realizadaa exclusão dos números digitais referentes a nuvens e sombras de nuvens através da realização de uma classificação supervisionada. Deste modo a imagem foi recortada ao limite da área de estudo e seu entorno visando uma melhor visualização da dinâmica espacial ocorrida no local. Tendo em vista que o município de Recife se apresenta em pontos diferentes (65 e 66) da orbita 214 do satélite Landsat, todo o pré-processamento e computo dos índices foi realizado com as imagens dos pontos separadas. Cada índice gerado ao final do processo foi mosaicado.

Para a obtenção da temperatura da superfície foi utilizada a metodologia proposta por Bastiaanssen et al. (1998a,b) e Allen et al. (2002), sendo amplamente utilizada por diversos autores (Silva et al., 2005ab; Giongo, 2008; Oliveira e Galvíncio, 2008; Oliveira et al., 2010; Guimarães et al., 2012). Para a determinação do Índice de umidade (NDWI) foi utilizada a metodologia proposta por Gao (1996) e utilizada por Oliveira et al. (2010, 2012).

Criação de Perfis com a utilização de Transectos lineares

Para melhor visualização das mudanças espaçotemporais dos índices em relação ao uso e cobertura do solo foi adotado a utilização dos transectos lineares e perfis de valores. Para tal os dados foram importados para o programa Global Mapper (licença pessoal do autor) e traçados os perfis (ferramenta 3D *Path Profile*) a partir de pontos pré-definidos em uma shape. Deste modo foi evitado que o traçado englobasse pixels de diferentes coordenadas para as diversas imagens utilizadas.

#### Resultados e Discussão

A classificação supervisionada permitiu uma quantificação do total de 9.961,79 ha de áreas verdes no município do Recife, representando 45,58% da sua área total, distribuídos entre fragmentos florestais, áreas cobertas por gramíneas e pasto e áreas com vegetação arbustiva. As Figuras 3 e 4 mostram que a RPA-3 apresenta 49% do total de áreas verdes do município do

Recife, com 4.893 ha. Vale a ressalva que a área total da RPA-3 é de 7.692 ha, o que representa quase um terço da área total do município.

Uma provável explicação para maior preservação de áreas verdes nesta RPA é o fato de que a mesma apresenta grande parte de sua área com ausência de vias,

o que desacelera a ocupação humana de grandes proporções, assim como a categorização de grande parte de sua área como Unidade de Conservação da Natureza (UCN) Beberibe a partir de Lei de Uso e Ocupação do Solo de 1996 (LUOS – Lei Municipal 16.176/96 – Decreto 23.804/08).

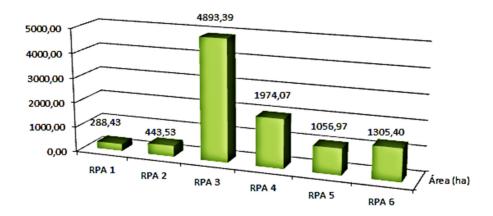


Figura 3. Distribuição de área verde por Região Político Administrativo em hectare no município de Recife – PE.

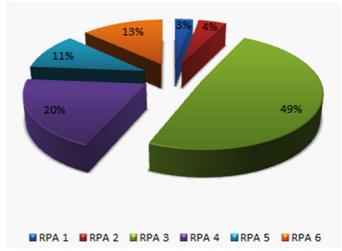


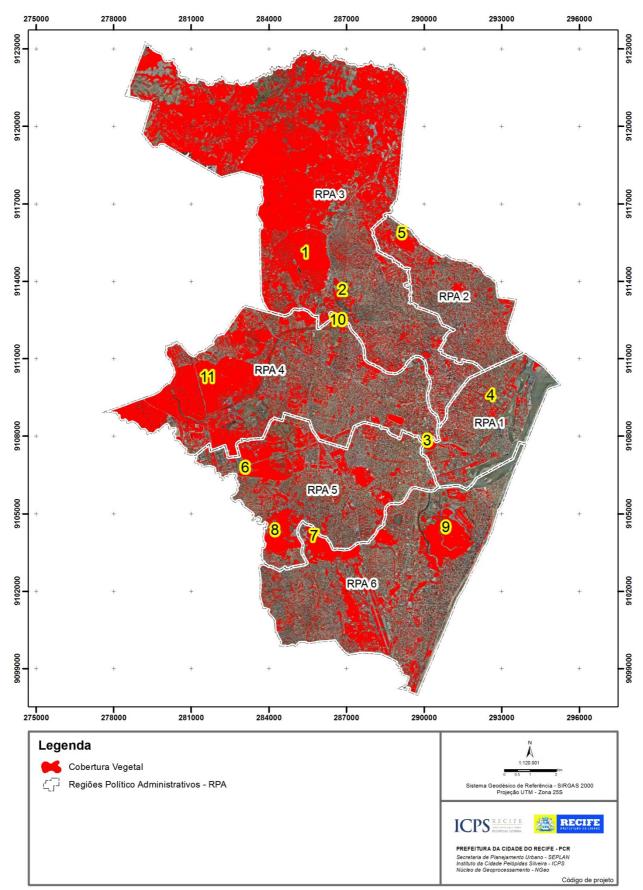
Figura 4. Porcentagem de distribuição de área verde por Região Político Administrativo.

Através da Figura 5 é possível observar nesta RPA a existência de fragmentos florestais importantes, como a UCN Dois Irmãos (Lei Municipal 16.176/96, Decreto 23.807/08), marcador 1, com cerca de 467,8 ha e o UCN APA Açude de Apipucos (Lei Municipal 16.609/00, Decreto 22.460/06) com 89,2 ha, marcador 2.

As RPA-1 e RPA-2 apresentaram os menores valores de áreas verdes com cerca de 731 ha o que representa 7% do total de áreas verdes observadas no município (Figuras 3 e 4). Na RPA-1 foi observado que as principais áreas verdes estão localizadas na Unidade Protegida Ilha do Zeca (Lei Municipal 16.869/03, Decreto 23.825/08). marcador 3. aproximadamente, 31,8 ha, o Parque 13 de maio com 5.66 ha, marcador 4, e as margens dos grandes rios que apresentam vegetação de mangue distribuídas espacialmente por toda a RPA-1 com mais de 20 ha. Na RPA-2 podem ser destacados fragmentos florestais como a UCN Dois Unidos (LUOS 16.176/96, Decreto 23.808/08), marcador 5, com mais de 50 ha e diversas áreas com elevada declividade, o que dificulta sua ocupação e permite a manutenção da vegetação.

A análise das RPA-5 e RPA-6 mostra a existência de diversas localidades com grande quantidade de verde. Estas áreas apresentam um total de 2.362 ha, 24% do total da área verde do município (Figuras 3 e 4), com destaque para diversos fragmentos florestais como a UCN Curado (que abriga o Jardim Botânico do Recife, LUOS 16.176/96, Decreto 23.806/08), com 113,6 ha, marcador 6, UCN APA Mata do Engenho Uchoa (LUOS 16.176/96, Decreto 17.548/96) com 192 ha, marcador 7, a UCN Mata do Barro (LUOS 16.176/96, Decreto 23.813/08), com 224,2 ha, marcador 8, e a UCN Parque Natural Municipal dos Manguezais (LUOS 16.176/96, Decreto 25.565/2010) com 320,3 ha, marcador 9.

Para observar a evolução espaço temporal das áreas verdes, foi optado trabalhar apenas com o RPA-4, que apresenta a segunda maior distribuição espacial de áreas verdes do município do Recife-PE, com um total de 1.974ha de áreas verde distribuídos espacialmente entre



**Figura 5**. Distribuição espacial de áreas verdes no município de Recife – PE com marcadores de grandes maciços vegetais.

Nesta RPA são identificados com facilidade diversos fragmentos florestais como a UCN Iputinga (LUOS 16.176/96, Decreto 23.810/08) com 31,7 ha, marcador

10 e a UCN APA Mata da Várzea (LUOS 16.176/96, Decreto 22.154/06) com 713,1 ha, marcador 11.

Nas Figuras 6 e 7 é possível identificar que o bairro da Várzea apresenta grande destaque com 1.394,97 ha de áreas verde para os bairros da RPA-4, representa uma ocupação de quase 62% da área total do bairro. Os bairros de Engenho do Meio e do Zumbi são os que

apresentaram as menores quantidade de áreas verde, com 14,08 e 6,54ha, respectivamente, e porcentagem de verde no bairro de 16,04% e 16,12% da área total do bairro, respectivamente.

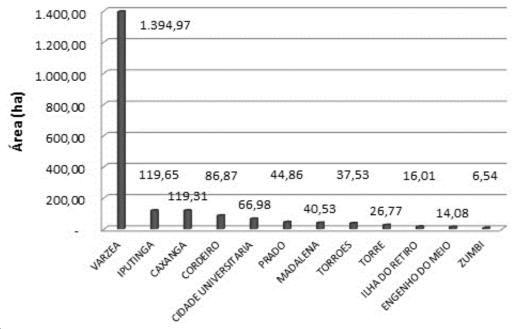


Figura 6. Área verde, em hectares, para os bairros da Região Político Administrativa 4

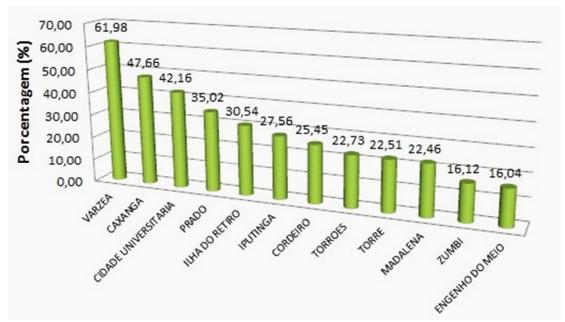


Figura 7. Porcentagem do bairro ocupado por área verde na Região Político Administrativa 4.

Através da Figura 8 é possível observar com maior detalhe a distribuição espacial das áreas verdes na RPA-4. Visualmente, a mata da Várzea apresenta-se destacada em relação a outros fragmentos distribuídos pela RPA. Nota-se que a parte norte do seu entorno encontra-se com elevado processo de urbanização, Figura 8, marcador 2, o que, em alguns casos, resulta na supressão de algumas áreas que apresentam indivíduos arbóreos, mas que se encontram desassociados da Mata da Várzea.

No bairro do Engenho do Meio é possível visualizar que a parte central e sul apresentam poucas áreas verdes. Nestas áreas foram observados indivíduos vegetais de porte arbóreo localizados nos quintais e nas ruas principalmente.

Na parte norte do bairro ocorre a concentração de áreas verdes em vários lotes, sem construções, ou grandes áreas com solo natural. Tendo em vista a importância da distribuição espacial das áreas verde em ambiente urbano foram utilizados alguns índices (Índice de Área

Foliar - IAF, o Índice de Umidade - NDWI e a Temperatura da superfície - Ts) visando observar a evolução espaço temporal da condição ambiental das áreas vegetadas na RPA-4. Na Figura 9 é possível visualizar o IAF para a RPA-4, onde é perceptível a expansão urbana seguindo o sentido leste - oeste. A área urbana mais consolidada apresenta valores de IAF <

0,10, enquanto as áreas que se apresentam em consolidação apresentam valores variando entre 0,11 a 0,40. Áreas de solo exposto também apresentaram valores de IAF próximos a 0, o que pode ser melhor observado nas imagens de 1987 e 1989 as margens do rio Capibaribe, nos bairros da Torre, Cordeiro e Iputinga.

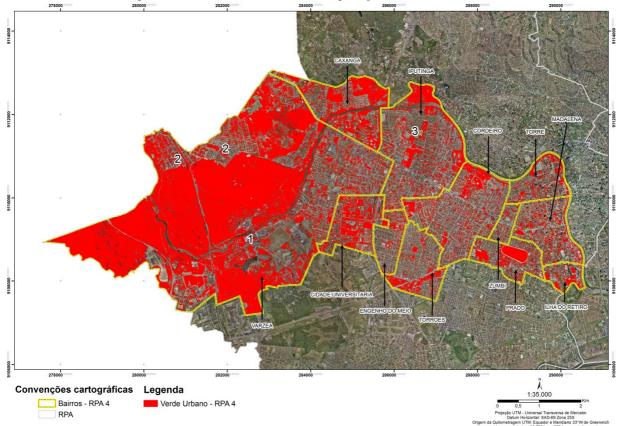


Figura 8. Distribuição espacial de áreas verdes na Região Político Administrativa 4, Recife-PE.

Nas áreas com grandes fragmentos florestais foram verificadas mudanças espaço-temporais no entorno da mata da Várzea. Nota-se que a parte do fragmento florestal mais próxima do rio Capibaribe (Figura 9 marcador 1) apresentou um maior desenvolvimento da vegetação, com valores de IAF mais elevados (> 1,21), enquanto que a borda do fragmento, a qual está em contato direto com uma área urbana (Figura 9 marcador 2) apresentou valores mais baixos. Segundo Oliveira et al. (2011), com o passar dos anos, os valores de IAF foram se tornando mais elevados, vindo a apresentar certa homogeneidade no interior do fragmento da Mata da Várzea. Para os autores, algumas áreas que apresentavam valores de IAF < 0,60 no interior do fragmento, entre as imagens de 09 de maio de 1987 e 14 de junho de 1991, foram diminuindo espacialmente, o que pode ser explicado pelo desenvolvimento de uma maior biomassa foliar como consequência de condições ambientais favoráveis ou o surgimento de novos indivíduos vegetais, que tiveram maior oportunidade de crescer em consequência de uma menor interferência da população local.

Até o ano de 1991, foi possível observar uma grande quantidade de áreas que ainda apresentava valores de

IAF variando entre 0,41 a 0,60, com tons amarelado. Estas áreas vegetadas passaram a ser substituídas por outros usos, perdendo grande influência espacial na RPA-4 a partir do ano de 2006. Quando observado o bairro dos Torrões, nota-se que o bairro apresentava grande quantidade de áreas verde nas imagens de 1987 e 1989 com valores de IAF > 0,60, já a partir da imagem de 1991 verifica-se que esta área apresenta valores de IAF < 0,10.

Esta diminuição pode ser, provavelmente, explicada pelo elevado incremento populacional que a Região Metropolitana do Recife vem apresentando nas ultimas décadas, o que influencia, consideravelmente, na urbanização através da construção de casas ou grandes residenciais em áreas com solo natural, como observado por Souza et al. (2006a) através da analise realizado com apoio nos dados do CENSO – IBGE. Através da Tabela1 é possível observar os valores de população residente e incremento populacional na cidade do Recife em relação à Região Metropolitana do Recife, onde pode ser observado um forte incremento na população da cidade do Recife.

População Residente

Tabela 1. Quantitativo de população na cidade do Recife e na Região Metropolitana do Recife entre 1970 e 2000.

	População 1970	Incremento 1970-80	População 1980	Incremento 1980-90	População 1991	Incremento 1990-2000	População 2000
Recife*	1.060.701	143.198	1.203.899	94.330	1.298.229	124.676	1.422.905
RMR**	1.827.173	568.169	2.395.342	524.655	2.919.981	417.583	3.337.565

<sup>\*</sup>Área total de Recife: 218 km²; \*\*Área total da RMR: 2.775 km². Modificado de Souza et al. (2006a).

Para o bairro da Iputinga foi observado um corredor verde entre as imagens dos anos de 1987, 1989 e 1991 (Figura 8, marcador 3) formado por diversos lotes, dentre os quais o hospital Barão de Lucena, com grande parte do seu lote com área verde.

Área

A partir da imagem de 2006, nota-se a fragmentação desta área em função da construção de galpões e diversos condomínios. Através do índice de umidade (NDWI), na Figura 10, é perceptível a diminuição espaço temporal nos valores de umidade mais elevado e a fragmentação que as áreas de mata Atlântica vêm sofrendo na RPA-4, sendo mais evidentemente nos bairros da Iputinga, Engenho do Meio, Torrões, Cordeiro, Zumbi, Prado, Torre, Madalena e Ilha do Como consequência do processo de fragmentação de áreas florestais são verificados, por exemplo, aumento na susceptibilidade de quebra da árvore pelo vento (Zeng et al., 2009), redução na quantidade de habitat para espécies florestais que dependem de grandes fragmentos (Teixeira et al., 2009) e alterações nas condições microclimáticas locais (Bierregaard e Dale, 1996; Ribeiro et al., 2009).

Souza et al. (2006b) afirmam "que a arborização urbana traz muitos benefícios para a cidade e estes devem ser preservados para minimizar os transtornos causados pela falta de arborização. Então, não há dúvidas de que a arborização urbana é um instrumento eficaz para minimizar os impactos negativos nos centros urbanos". Camargo et al. (2007) contribuíram afirmando que nas áreas com vegetação, a absorção da radiação solar pela cobertura vegetal e por áreas de corpos hídricos provoca uma redução do calor sensível e das temperaturas da superfície.

Em estudo realizado por Cui e Yuan (2009), com a utilização de dados ASTER na cidade costeira de Beihai-Guangxi, costa sul da China, verificou-se que, na área urbana, o NDVI e NDWI apresentaram valores baixos e temperatura da superfície alta, enquanto, na área rural, o NDVI e NDWI são elevados e a temperatura da superfície é baixa.

Para os grandes fragmentos florestais é possível notar que o índice de umidade se apresenta mais sensível às perturbações provocadas pelo homem, como áreas desmatadas no interior do fragmento. Assim como no IAF, a mata da Várzea e a Ilha do Bananal conseguiram manter elevados índices de umidade em todas as imagens, com valores de NDWI > 0,30. As áreas de mata ciliar apresentaram valores de umidade mais elevados, com NDWI > 0,71. Estas áreas apresentavam grande destaque no IAF, com valores superiores a 1,51, podendo ser facilmente visualizadas na Figura 10.

uma vez é perceptível a grande homogeneização de valores na maior parte dos bairros da RPA 4 a partir da imagem do ano de 2006, com valores de NDWI < 0. Nas imagens de 1987 a 1991, as áreas com estes valores se apresentavam como ilhas sendo rodeadas por manchas de umidade, com valores variando entre 0,01 e 0,30. Isto se deve a uma elevada urbanização e a substituição da cobertura vegetal por outros materiais. Foi observado que as áreas que exibiram IAF > 0,60 apresentaram valores de NDWI > 0,30. As áreas com alto processo de urbanização, com IAF inferiores a 0,10 apresentaram valores de NDWI < 0. As áreas adjacentes à mata da Várzea que passaram a ser utilizadas antropicamente puderam ser facilmente identificadasatravés das imagens de NDWI do período estudado.

Para a temperatura da superfície (Ts), Figura 11, foram observadas mudanças variadas em função da sazonalidade das imagens utilizadas. Porem nota-se, como em períodos de maiores temperaturas, que as áreas vegetadas desempenham um importante papel na amenização das temperaturas. Chen et al. (2006), em estudo realizado na região do Pearl River Delta (PRD), ao longo da Costa Sul da China verificaram, através da utilização de imagens do sensor TM Landsat, a influência da mudança de uso e cobertura da terra na disposição da temperatura da superfície. O mesmo afirma que o dramático aumento da urbanização veio a mudar a distribuição dos diferentes usos e cobertura do solo e intensificar o surgimento de ilhas de calor. As áreas de solo exposto e área urbana, antes distribuídas espacialmente, com o passar dos anos se tornaram mais homogêneas, o que veio a formar um padrão continuo de ilhas de calor. Os centros de altas temperaturas apresentaram-se consistente com as áreas construídas, o que vem a corroborar com esta pesquisa.

É possível observar um cinturão com temperaturas menos elevada, que se estende do oeste a sul da imagem, onde em períodos mais úmidos são observados valores de temperaturas inferiores a 23°C enquanto que em períodos mais secos existe uma variação de temperatura entre 23 a 26°C. Estas regiões apresentam como áreas de amenização as matas no bairro da Várzea, Caxangá e Iputinga e bem como o leito do rio Capibaribe nos bairros do Cordeiro e Torre.

Para o período mais úmido, imagens de 1987, 1991 e 2007, foram visualizadas a recorrências de locais que apresentavam temperaturas superiores em relação ao entorno, o que pode ser caracterizado como ilhas de calor. Estas áreas são diferenciadas por apresentarem grandes galpões e área residencial densa, o que vem a causar acumulação de energia durante o dia. A pouca

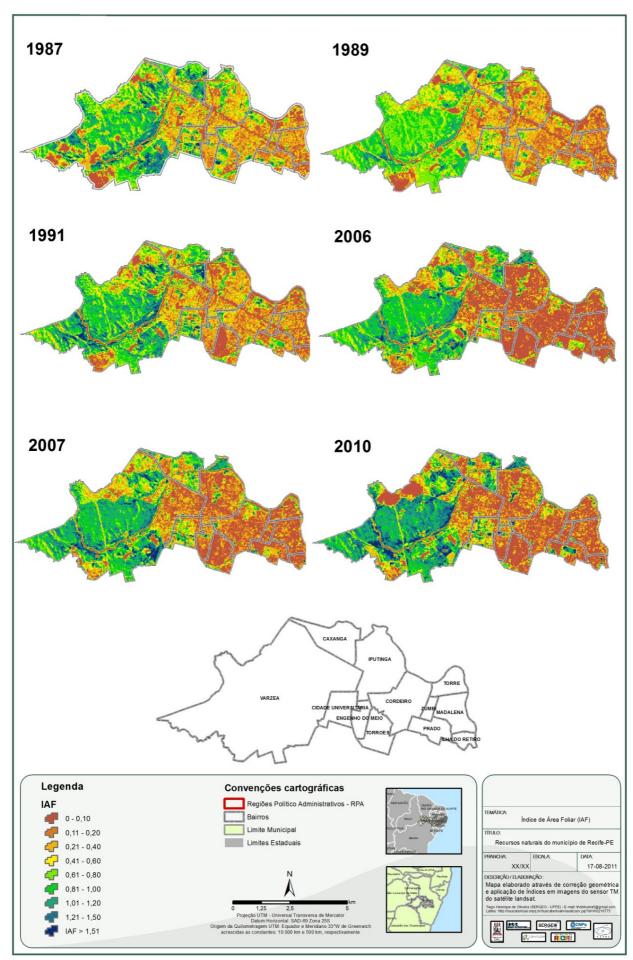


Figura 9. Evolução espaço-temporal do Índice de Área Foliar para a Região Político Administrativa 4, Recife-PE.

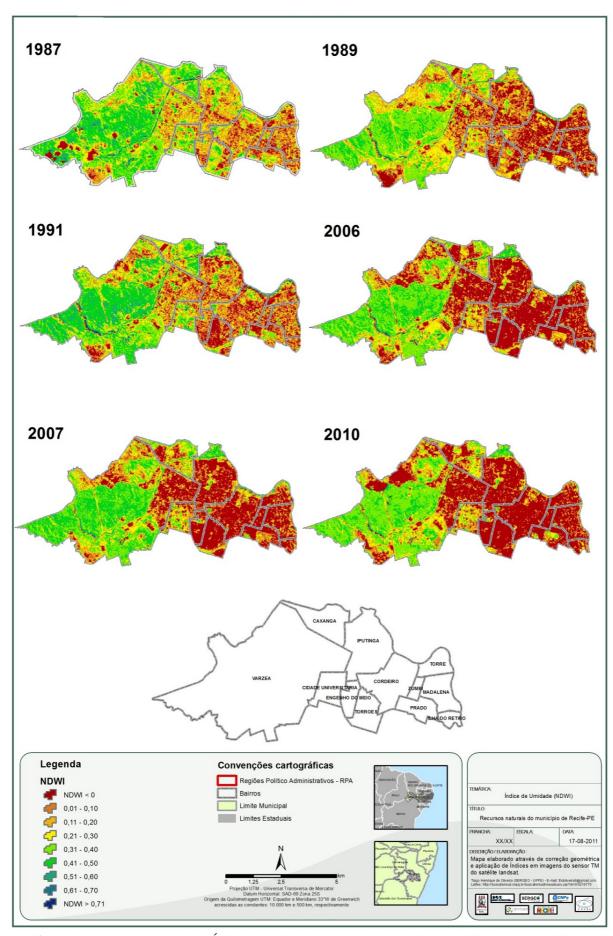


Figura 10. Evolução espaço-temporal do Índice de Umidade para a Região Político Administrativa 4, Recife-PE.

presença de vegetação também influencia com a pouca evapotranspiração.

Através dos transectos lineares (Figura 12 e Figura 24) é possível observar o papel amenizador da vegetação

na temperatura assim como a evolução temporal das temperaturas em áreas mais urbanizadas.

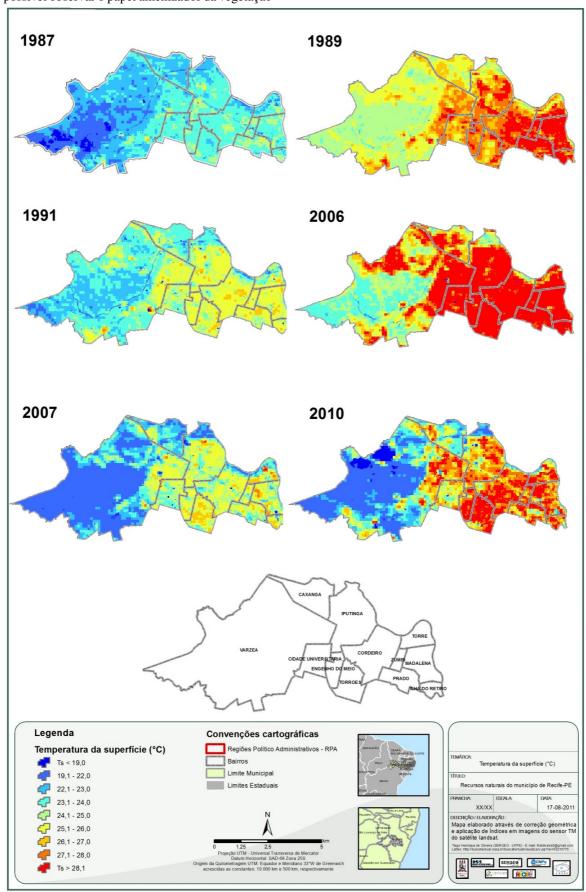


Figura 11. Evolução espaço-temporal da Temperatura para a Região Político Administrativa 4, Recife-PE.

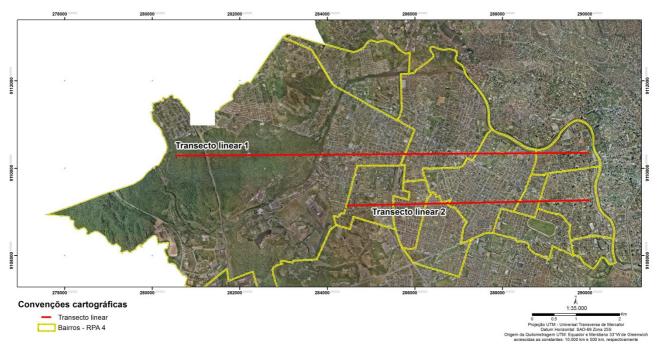


Figura 12. Representação do Transecto linear para a Região Político Administrativa 4, Recife-PE.

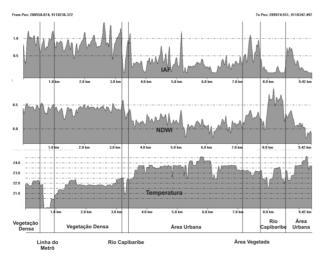
As Figuras 13 a 18, com o transecto linear 1, englobam as áreas que compreendem os bairros da Várzea, Iputinga, Cordeiro e Torre. O segundo transecto linear atravessa os bairros da Cidade Universitária, Engenho do Meio, Torrões, Cordeiro, Zumbi e Madalena. Deste modo, a exemplo da Figura 13, com o transecto do IAF, umidade e temperatura do ano de 1987, nota-se a diferença nos valores dos índices em relação aos diferentes tipos de usos e quantidade de vegetação.

As áreas com predominância de uso urbano, com alta densidade construtiva apresentam altos valores de temperatura da superfície e valores de umidade e IAF mais baixos. Em áreas vegetadas, principalmente na mata da Várzea, é perceptível a amenização na

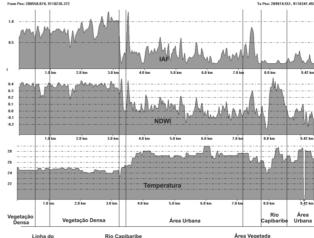
temperatura da superfície causada pela maior absorção da radiação solar por parte da vegetação.

Os valores de umidade e IAF apresentam valores mais elevados evidenciando uma maior densidade da vegetação, quando comparada com outras áreas verdes da cidade.

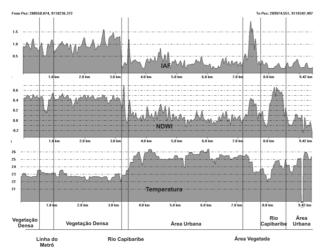
Quando observado os demais transectos (Figuras 14 a 18), nota-se que, nas áreas urbanas, alguns picos de IAF mais elevados (picos próximos a 0,50 e superiores a 0,70) e Umidade (superiores a 0,30) vão diminuindo espaço-temporalmente entre as imagens dos anos de 1989 e 2010, o que se caracteriza pela diminuição da cobertura vegetal. Ao observar os anos de 2006, 2007 e 2010, nota-se como estes valores ficaram mais suavizados em algumas áreas.



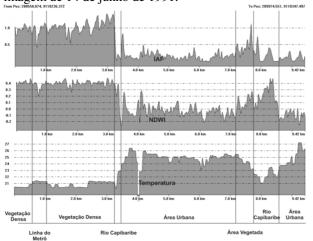
**Figura 13**. Representação do Transecto linear 1 para a imagem de 9 de maio de 1987.



**Figura 14**. Representação do Transecto linear 1 para a imagem de 28 de setembro de 1989.

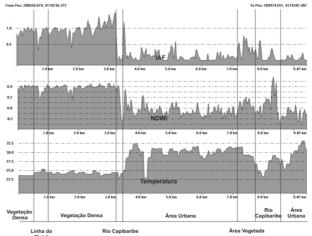


**Figura 15.** Representação do Transecto linear 1 para a imagem de 14 de junho de 1991.

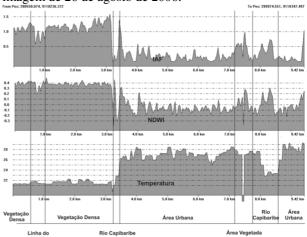


**Figura 17**. Representação do Transecto linear 1 para a imagem de 28 de julho de 2007.

O transecto linear 2, Figuras 19 à 24 se caracteriza por cruzar, predominantemente, uma área com maior quantidade de imóveis e menor distribuição de áreas verde. Deste modo, foi observado que no bairro da Cidade Universitária, por incluir o Campus da UFPE, com grande distribuição espacial de áreas verdes entre os centros, apresentam valores de temperaturas mais baixas e IAF e NDWI mais elevados, na primeira parte do transecto. A partir do ano de 2006 é possível observar alguns picos mais baixos de umidade e temperatura devido a ampliação e construção de novos centros acadêmicos. Na área urbana é observada uma diminuição nos valores de IAF, onde, para o perfil da imagem de 1987 (Figura 19), visualizou-se uma predominância de valores próximos a 0,70. Para as demais cenas, os valores ficaram em torno de 0,30 e 0,25, com picos mais elevados em algumas áreas. O NDWI apresentou a mesma configuração, com valores extremamente baixos, onde, a partir de 1989, é possível observar grandes extensões com valores de NDWI inferiores a 0. Como consequência, estas áreas apresentam temperaturas bem mais elevadas, com



**Figura 16**. Representação do Transecto linear 1 para a imagem de 26 de agosto de 2006.

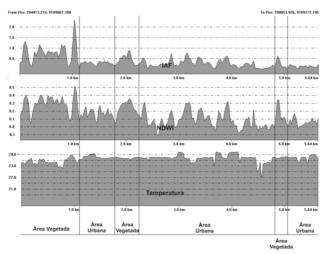


**Figura 18.** Representação do Transecto linear 1 para a imagem de 6 de setembro de 2010.

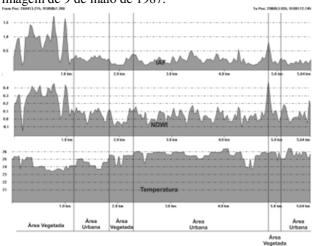
variação de 2 a 5°C, quando comparadas às áreas mais densamente vegetadas.

Em virtude desta situação, novas políticas de implantação de áreas verdes em áreas com alto grau de urbanização devem ser adotadas como política de mitigação de ilhas de calor urbana, o que vem a melhorar a condição ambiental urbana e auxiliar na drenagem e escoamento das águas pluviais. Nas áreas mais adensadas poderiam ser utilizados jardins verticais ou telhados com cobertura vegetal nos grandes empreendimentos.

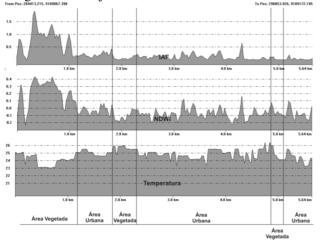
Deste modo, Madureira (2011) afirma que [...] "as vantagens dos jardins verticais são diversas, porém entre elas a de neutralização do espaço urbano é uma das mais impactantes, ou seja, substituir o cinzento do concreto sem vida para o vivo verde vegetal". Mascaró (1996) afirma que, sob um agrupamento arbóreo, a temperatura do ar varia de 3°C a 4°C mais baixa do que em áreas expostas diretamente à radiação solar, podendo, deste modo, ajudar na melhoria das condições ambientais no município do Recife.



**Figura 19.** Representação do Transecto linear 2 para a imagem de 9 de maio de 1987.



**Figura 21**. Representação do Transecto linear 2 para a imagem de 14 de junho de 1991.

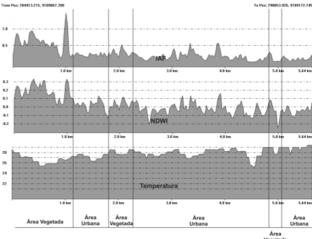


**Figura 23**. Representação do Transecto linear 2 para a imagem de 28 de julho de 2007.

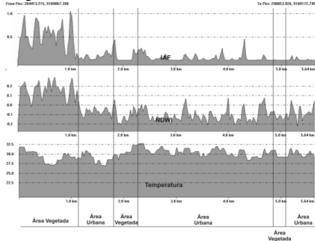
## Conclusões

É possível quantificar áreas vegetadas através do uso de classificação supervisionada em ortofotocartas e verificar as mudanças espaço-temporais através do uso de índices de vegetação em imagens do satélite Landsat-TM.

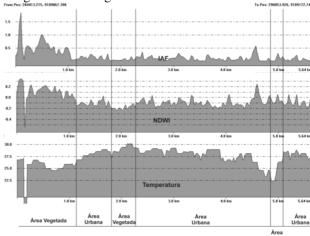
Através da utilização de perfis lineares e transectos é possível obter uma boa comparação gráfica entre as



**Figura 20**. Representação do Transecto linear 2 para a imagem de 28 de setembro de 1989.



**Figura 22.** Representação do Transecto linear 2 para a imagem de 26 de agosto de 2006.



**Figura 24**. Representação do Transecto linear 2 para a imagem de 6 de setembro de 2010.

áreas com temperaturas e umidade mais e menos elevadas.

Torna-se importante a preservação dos grandes fragmentos florestais tendo em vista as diferenças observadas através de perfis em áreas de entorno de fragmentos florestais e áreas com ausencia de cobertura vegetal.

Em consequência do acelerado desenvolvimento urbano em detrimento da supressão de áreas vegetadas,

especialmente de áreas de conservação, é indicada a utilização de tecnologias de fácil e rápida obtenção de informações essenciais na avaliação e monitoramento dos efeitos negativos à qualidade de vida da população em cidades de diferentes dimensões.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação Aperfeicoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES pela Bolsa de Mestrado concedida ao primeiro autor, ao INPE por ceder às imagens de satélite através do Catalogo de Imagens de Satélite, Prefeitura Municipal do Recife-PE, pela colaboração no sentido de ceder os dados e informações ora apresentados. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Tecnológico-CNPq, pelo financiamento do Projeto Mata e Mangue: 577356/2008-9. e ao Grupo de Pesquisa SERGEO. Os autores Josiclêda Domiciano Galvíncio e Rejane Magalhães de Mendonça Pimentel são Bolsistas de Produtividade do CNPq.

#### Referências

- Accioly, L.J.; Pacheco, A.; Costa, T.C.C.; Lopes, O.F.; Oliveira, M.A.J. 2002. Relações empíricas entre a estrutura da vegetação e dados do sensor TM/Landsat. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.6, n.3, p.492-498. Disponível: http://www.scielo.br/scielophp?script=sci\_arttext&pid=S1415-43662002000300019. Acesso: Janeiro de 2012
- Alberti, M.; Weeks, R.; Coe, S. 2004. Urban Land Cover Change Analysis for the Central Puget Sound: 1991-1999. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. v.70; p.1043-1052. Disponível em: http://www.prism.washington.edu/lc/alberti\_2004\_sep\_1043-1052.pdf. Acesso: Março de 2011
- Allen, R.G.; Tasumi, M.; Trezza, R. SEBAL (Surface Energy Balance Algorithms for Land). 2002. Advance Training and User's Manual Idaho Implementation, version 1.0, 97p. Disponível: ftp://ftp.funceme.br/Cospar\_Funceme\_2010/CLAS S\_DAY\_04.11.2010/LAB/quixere/quixere/Final%2 0Sebal%20Manual.pdf. Acesso: Dezembro de 2010.
- Andrade, L.L.; Costa, S.M.F.; Castro, R.M.; Moreira, R.C. 2009. Ilha de Calor e Segregação Espacial: estudo de caso sítios da Macrozona Sul do município de São José dos Campos/SP. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, pp.1063-1070.
- Bastiaanssen, W.G.M.; Menenti, M.; Feddes, R.A.; Holtslag, A.A.M.A. 1998a. Remote Sensing Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) 1.Formulation. Journal of Hydrology, v.212-213, p.198-212. Disponível: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002216949800253 4. Acesso: 20 de abril de 2008. doi:10.1016/S0022-1694(98)00253-4
- Bastiaanssen, W.G.M.; Pelgrum, H.; Wang, J.; Moreno, Y.M.J.; Roerink, G.J.; Van Der Wal, T. 1998b. The Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL) 2.Validation. Journal of Hydrology,

- v.212-213: p.213-229. Disponível: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0 022169498002546. Acesso: 20 de abril de 2008. doi:10.1016/S0022-1694(98)00254-6
- Berthier, E.; Dupont, S.; Mestayer, P.G.; Andrieu, H. 2006. Comparison of two evapotranspiration schemes on a sub-urban site. Journal of Hydrology. v.328, p.635-646. Disponível: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0 022169406000370. Acesso: 20 de abril de 2009. DOI: doi:10.1016/j.jhydrol.2006.01.007
- Bierregaard, R.O.; Dale, V.H. 1996. Islands in an everchanging sea: the ecological and socioeconomic dynamics of Amazonian rainforests fragments. In: Schellas, J.; Greenberg, R. (Ed.). Forest patches in tropical landscapes. Washington: University Island Press, pp.187-204.
- Boegh, E.; Soegaard, H.; Thomsen, A. 2002 Evaluating evapotranspiration rates and surface conditions using Landsat TM to estimate atmospheric resistance and surface resistance. Remote Sensing of Environment, v.79, n.1, p.329-343. Disponível: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0 034425701002838. Acesso: 20 de abril de 2009. DOI: doi:10.1016/S0034-4257(01)00283-8
- Camargo, F.F., Pereira, G., Moraes, E.C., Oliveira, L.G.L., Adami, M. 2007. Análise multitemporal da evolução urbana e sua influência na modificação do campo térmico na Região Metropolitana de São Paulo para os anos de 1985, 1993 e 2003. Anais do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, v.13, Florianópolis, Abril de 2007, INPE, p.5127-5134.
- Campos, W.W.; Sartorello, R.; Furlan, S.A. 2009. Análise Comparada das Variações Microclimáticas nos Ecossistemas Costeiros da Ilha Comprida. In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Viçosa.
- Caporusso, D.; Matias, L.F. 2008. Áreas verdes urbanas: avaliação e proposta conceitual. Anais do VIII Seminário de Pós-Graduação em Geografia da UNESP. Rio Claro-SP.
- Cardozo, F.S.; Pereira, G.; Silva, G.B.S.S.; Silva, F.B.; Shimabukuro, Y.E.; Moraes, E.C. 2009. Discriminação de áreas alagadas no Pantanal sul matogrossense a partir de imagens orbitais. Anais do 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Corumbá, 7-11 novembro, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, pp. 99-106.
- Chander, G.; Markham, B. 2003. Revised Landsat-5 TM Calibration Radiometric Procedures and **IEEE** Postcalibration Dynamic Ranges. Transactions on Geoscience and Remote Sensing. p.2674-2677. Disponível: v.41. n.11. http://landsathand book.gsfc.nasa.gov/pdfs/L5TMLUTIEEE2003.pdf.
- Chen, X.; Zhao, H.; Li, P.; Yin, Z. 2006. Remote sensing image-based analysis of the relationship betweenurban heat island and land use/cover changes. Remote Sensing of Environment, v.104 p.133-146. Disponível: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425706001787

Acesso: 14 de fevereiro de 2008.

- Acesso: 19 de fevereiro de 2010. DOI: doi:10.1016/j.rse. 2005.11.016
- Cui, H.; Yuan, L. 2009. Study on Thermal Environmental Distribution in Coastal City Using ASTER Data. Urban Remote Sensing Joint Event. 978-1-4244-3461-9/09/\$25.00 ©2009 IEEE.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2009. Sistemas Orbitais de Monitoramento e Gestão Territorial LANDSAT Land Remote Sensing Satellite. Relatório. Disponível: http://www.sat.cnpm.embrapa.br/con teudo/landsat.htm. 2009.
- Gao, B.C. 1996. NDWI A Normalized Difference Water Index for remote sensing of vegetation liquid water from space. Remote Sensing of Environment, v.58, p.257-266. Disponível: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0 034425796000673. Acesso: 19 de outubro de 2010. doi:10.1016/S0034-4257(96)00067-3
- Garzuzi, J. Goldshleger, N.; Ben-Dor, E. Asaf, L. Ben-Yamin, R. 2010. Impacts of land use on quantity and quality of urban runoff (Herzliya and Ra'anana case study). ISPRS Arquive. v.XXXVIII, part 4-8-2-W9. Haifa Israel.
- Giongo, P.R. 2008. Estimativa do balanço de radiação com técnicas de sensoriamento remoto e dados de superfície. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- Guimaraes, H.B.; Braga, R.A.P.; Oliveira, T.H. 2012. Evolução espaço temporal das matas tuteladas ao Exército Brasileiro na Região Metropolitana do Recife através de imagens TM LANDSAT. Floresta e Ambiente, v.19, n.3, p.362-373. Disponível: http://www.floram.org/files/v19 n3/v19n3a12.pdf. Acesso: 15 de dezembro de 2012. doi: http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.043.
- Hua, C.; Lu, Y. 2009. Study on thermal environmental distribution in coastal city using ASTER data. Annals of Urban Remote Sensing Event, Joint, p.1-6.
- Huete, A.R. 1988. Adjusting vegetation indices for soil influences. International Agrophysics, v.4, n.4, p.367-376. Disponível: http://cat.inist.fr/?aModele =afficheN&cpsidt=7348552. Acesso: 15 de junho 2009
- Ideião, S.M.A.; Cunha, J.E.B.L.; Rufino, I.A.A.; Silva, B.B. 2008. Geotecnologias na determinação da temperatura de Superfície e espacialização da pluviometria no estado da Paraíba. Anais do IX Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Salvador – BA. Novembro de 2008.
- Junior, J.C.U.; Amorim, M.C.C.T. 2009. Indicadores ambientais e planejamento urbano. Caderno Prudentino de Geografia, n.31, v.2, p.5-35, jul/dez, 2009. Disponível: http://agbpp.dominiotemporario.com/doc/CPG31B-3.pdf. Acesso: 30 de maio de 2011.
- Jürgens, C. (Ed.) 2003. Remote Sensing of Urban Areas. In: Proceedings of the ISPRS WG VII/4 Symposium, Regensburg, v. XXXIV – 7/W9, p.27– 29. The International Archives of The

- Photogrammetry, Remote Sensing and Satellite Information Sciences.
- Kiehl, E.J. 1979. Manual de Edafologia: Relações soloplanta. Editora Agronômica Ceres. São Paulo.
- Kindel, A. 2001. A fragmentação Real: heterogeneidade de remanescentes florestais e valor indicador das formas de húmus. Tese (Doutorado em Geografia). Rio de Janeiro: UFRJ.
- Madureira, G.C. 2011. Jardim vertical Aplicado a um edifício garagem. Curso de Arquitetura e Urbanismo (CAU) da Faculdade Assis Gurgacz (FAG).
- Markham, B.L.; Barker, L.L. 1987. Thematic mapper bandpass solar exoatmospherical irradiances. International Journal of Remote Sensing, v.8, n.3, p.517-523. Disponível: http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431168708948658#.VaPYj vmkGkw. Acesso: 24 de junho de 2008. doi: 10.1080/01431168708948658
- Mascaró, L.R. de.; Mascaró, J.J. 1996. Ambiência urbana. 1ª ed. Porto Alegre, Sagra DC Luzzatto.
- Morero, A.M.; Santos, R.F.; Fidalgo, E.C.C. 2007. Planejamento ambiental de áreas verdes: estudo de caso de Campinas-SP. Revista do Instituto Florestal, v.19, n.1, p.19-30. Disponível: http://www.iflorestal.sp.gov.br/RIF/RevistaIF/RIF1 9-1/RIF19-1\_19-30.pdf. Acesso: 15 de agosto de 2010.
- Moruzzi, R.B.; Pinto, S.A.F.; Rossetti, L.A.F.G.; Pereira, L.H. Bermudez, M.; Barbosa, C. 2007. Contribuição metodológica para a caracterização de áreas potenciais de inundação em uma bacia hidrográfica urbanizada, com o suporte das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento: apresentação de dois cenários em um módulo piloto. Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. São Paulo-SP.
- Nowak, D.J.; Crane, D.E.; Stevens, J.C.; Ibarra, M. 2002. Brooklyn's Urban Forest. United States Department of Agriculture, Forest Service, North-Eastern Forest Experiment Station, General Technical Report NE-290. Radnor, Pennsylvania.
- Nucci, J. C. 2001. Qualidade ambiental e adensamento urbano. São Paulo: Humanitas/FAPESP.
- Oliveira, T.H.; Galvíncio, J.D. 2008. Caracterização ambiental da bacia hidrográfica do rio Moxotó PE usando sensoriamento remoto termal. Revista Brasileira de Geografia Física, v.l, n.2, p.30-49. Disponível: http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index .php/revista/article/viewFile/43/37. Acesso: 15 de maio de 2009.
- Oliveira, T.H.; Machado, C.C.C.; Silva, J.S.; Galvíncio, J.D.; Pimentel, R.M.M.; Silva, B.B. 2010. Índice de Umidade (NDWI) e Análise Espaço-Temporal do Albedo da Superfície da Bacia Hidrográfica do Rio Moxotó-PE. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 03, p.55-69. Disponível: http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index .php/revista/article/viewArticle/130. Acesso: 01 de dezembro de 2010.
- Oliveira, T.H.; Oliveira, J.S.S.; Machado, C.C.C.; Rodrigues, G.T.A.; Galvíncio, J.D.; Pimentel, R.M.M. 2011. Avaliação espaço-temporal do Índice de área foliar e impacto das atividades antrópicas na

- Reserva Ecológica Estadual Mata São João da Várzea, Recife PE Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto SBSR, Curitiba, PR, Brasil, INPE.p.2105.
- Oliveira, T.H. 2012. Mudança espaço temporal do uso e cobertura do solo e estimativa do balanço de energia e evapotranspiração diária no município do Recife-PE. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal de Pernambuco. CFCH.
- Pauleit. S.; Ennos, R.; Golding, Y. 2005. Modeling the environmental impacts of urban land use and land cover change a study in Merseyside, UK. Landscape and Urban Planning, v.71, p.295-310. Disponível: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204604000830. Acesso: 01 de setembro de 2009. DOI: doi:10.1016/j.landurb plan.2004.03.009
- Recife. 2012. Aspectos gerais da cidade do Recife. Prefeitura da Cidade do Recife, Recife-PE. Acesso em 10 de setembro de 2012. Disponível em:http://www2.recife.pe.gov.br/acidade/aspectosgerais/. 2012
- Ribeiro, M.T.; Ramos, F.N.; Santos, F.A.M. 2009. Tree structure and richness in an Atlantic forest fragment: distance from anthropogenic and natural edges. Revista Árvore, v.33, n.6, p.1123-1132. Disponível: http://dx.doi.org/10.15 90/S0100-67622009000600014. Acesso: 15 de junho de 2011.
- Santos, B.C.; Rangel, L.A.; Junior, E.C. 2011. Estoque de Matéria Orgânica na Superfície do Solo em Fragmentos Florestais de Mata Atlântica na APA de Petrópolis-RJ. Floresta e Ambiente, v.18, n.3, p.266-274. Disponível: http://www.floram.org/articles/view/id/4ff2d8d31ef 1fa166c000006. Acesso: 20 de agosto de 2013. DOI: doi 10.4322/floram.2011.047
- Shams, J.C.A.; Giacomeli, D.C.; Sucomine, N.M. 2009. Emprego da arborização na melhoria do conforto térmico nos espaços livres públicos. REVSBAU, Piracicaba – SP, v.4, n.4, p.1-16. Disponível: http://www.revsbau.esalq.usp.br/artig os\_cientificos/artigo71.pdf. Acesso: 29 de abril de 2011.
- Silva, B.B. da; Lopes, G.M.; Azevedo, P.V. de. 2005a. Balanço de radiação em áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5 TM. Revista Brasileira de Meteorologia, v.20, n.2, p.243-252. Disponível: http://www.rbmet.org.br/port/revista/revista\_artigo.php?id\_artigo=131. Acesso: 12 de setembro de 2008.
- Silva, B.B. da; Lopes, G.M.; Azevedo, P.V. de. 2005b. Determinação do albedo de áreas irrigadas utilizando imagens Landsat 5 TM. Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.13, n.2, p.201-211. Disponível: http://www.dca.ufcg.edu.br/DCA\_download/ISR/UFPE/Artigo%20002-004%20-%20Determina%E7%E3o%20Albedo.pdf Acesso: 12 de setembro de 2008.
- Silva, M.V.; Neves, T.F. 2010. Mapeamento digital da cidade do Recife – PE em SIRGAS 2000. Anais do IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. pp.001-009, Recife, Maio de 2010.

- Souza, M.A.A.; Bitoun, J.; Miranda, L. 2006a. Como anda a Região Metropolitana do Recife. Universidade Federal de Pernambuco. Acessado em 13-01-2012. Disponível: http://www.observato riodasmetropoles.ufrj.br/como\_anda/como\_anda\_R M\_recife.pdf. Acesso: 15 de maio de 2009.
- Souza, I.M.C. de, Palmerim, M.S. dos S., Cantuária, P. de C. 2006b. Diagnóstico da arborização de praças públicas do município de Macapá-AP, Brasil. Macapá: IMMES. Monografia (Engenharia de Florestas Tropicais).
- Teixeira, A.H. de C.; Bastiaanssen, W.G.M.; Ahmad, M.D.; Bos, M.G. 2009. Reviewing SEBAL input parameters for assessing evapotranspiration and water productivity for the Low-Middle São Francisco River basin, Brazil Part B: Application to the regional scale. Agricultural and Forest Meteorology, v.149, p.477-490. Disponível: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0 168192308002578. Acesso: 15 de novembro de 2010. DOI: doi:10.1016/j.agrformet.2008.09.014.
- Vieira, P.B.H. 2004. Uma visão geográfica das áreas verdes de Florianópolis, SC: estudo de caso do Parque Ecológico do Córrego Grande (PECG). Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis SC.
- Weng, Q.; Dengsheng, L.; Schubring, J. 2004. Estimation of land surface temperature vegetation abundance relationship for urban heat island studies. Remote Sensing of Environment, v.89, p.467-483. Disponível: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425703003390. Acesso: 15 de junho de 2009. DOI: doi:10.1016/j.rse.2003.11.005
- Weng, Q.; Quattrochi, D.A. 2006. Thermal remote sensing of urban areas: An introduction to the special issue. Remote Sensing of Environment, v.104, p.119-122. Disponível: http://www.sciencedirect. com/science/article/pii/S0034425706001763. Acesso: 15 de junho de 2009. DOI: doi:10.1016/j.rse.2006.05.002
- Whitford, V.; Handley, J.; Ennos, R. 2001. City form and natural process-indicators for the ecological performance of urban areas. Landscape Urban Plann., v.57, p.91-103. Disponível: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S01692046010 0192X. Acesso: 20 de junho de 2010. DOI: doi:10.1016/S0169-2046(01)00192-X
- Xian, G.; Homer, C.; Fry, J. 2009. Updating the 2001 National Land Cover Database land cover classification to 2006 by using Landsat imagery change detection methods. Remote Sensing of Environment. v.113, p.1133-1147. Disponível: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0 034425709000340. Acesso: 20 de junho de 2010. DOI: doi:10.1016/j.rse.2009.02.004
- Yuan, F.; Sawaya, K.E.; Loeffelholz, B.C.; Bauer, M.E. 2005. Land cover classification and change analysis of the Twin Cities (Minnesota) Metropolitan Area by multitemporal Landsat remote sensing. Remote Sensing of Environment, v.98, p.317-328. Disponível: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034425705002

646. Acesso: 20 de junho de 2010. DOI: doi:10.1016/j.rse.2005.08.006

Zeng, H.; Peltola, H.; Vaisanen, H.; Kellomaki, S. 2009. The effects of fragmentation on the susceptibility of a boreal forest ecosystem to wind damage. Forest Ecology and Management, v.257, p.1165-1173. Disponível: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112708008876. Acesso: 20 de junho de 2010. doi:10.1016/j.foreco.2008.12.003.